ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیطزیست در آزمایشگاه دانشگاه شیمی نجف‌آباد به روش FMEA

نسترن ملازاده [۱*]، ندا احمدی بلوطکی [۲]

۱- استادیار گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده مهندسی مواد، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد ، ایران

۲- دانشجوی مدیریتHSE، گروه مهندسی مدیریت محیط زیست، دانشکده مهندسی مواد، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد ، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: nastaran.mollazadeh@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۸/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش : ۹۸/۰۶/۱۴

چکیده

پژوهش حاضر، با هدف ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیطزیست در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد به روش FMEA انجام شده است. برای دستیابی به هدف، عوامل ریسک موجود در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد، با کمک روش FMEA مورد ارزیابی و تحلیل قرارگرفت. برآورد عوامل ریسک به‌وسیله جمع‌آوری اطلاعات از گروه کاری متشکل از ده نفر از افراد متخصص و باتجربه دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد که شامل اساتید و مسئولین آزمایشگاه صورت پذیرفت. طبق نتایج ارائه شده، تست یدوفرم و سنتز دی بنزال استون به عنوان پرخطرترین فعالیت‌ها از نظر تاثیرات مخرب بر سلامت و بهداشت شناسایی شدند. تجزیه کیفی برخی از آنیون ها در جایگاه دوم و آنالیز عنصری در جایگاه سوم قرار گرفتند. تجزیه کیفی برخی از آنیون ها به عنوان مهم ترین ریسک از لحاظ مخاطرات ایمنی شناخته شد. سپس سنتز دی بنزال استون در جایگاه دوم و پرمنگانومتری بعنوان سومین ریسک پرخطر در این دسته شناخته شناخته شدند. سپس سنتز آدیپک اسید در جایگاه دوم و تجزیه کاتیون های گروه V در جایگاه سوم بعنوان مهم‌ترین ریسک‌ها از لحاظ مخاطرات زیست‌محیطی پس از سنتز متیل سالیسیالت شناخته شدند. سنتز متیل سالیسیالت بعنوان مهم‌ترین ریسک در هر سه بعد مخاطرات ایمنی، بهداشت و سلامت و محیط زیست شناخته شد.

کلیدواژه:

"ریسک بهداشت"، "ایمنی"، "محیطزیست، آزمایشگاه"، "روش FMEA"

Health, Safety and Environment Risk Assessment at the University of Najafabad Lab with FMEA

Nastaran Mellazadeh [1*], Neda Ahmadi Quentak [2]

1. Assistant Professor, Department of Environmental Management, Faculty of Material Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najaf Abad, Iran
2. HSE Management Student, Department of Environmental Management Engineering, Faculty of Material Engineering, Najaf Abad Branch, Islamic Azad University, Najaf Abad, Iran

Corresponding Author: Nastaran Melaazadeh: nastaran.mollazadeh@yahoo.com

Abstract

The present study was conducted with the aim of assessing the health, safety and environmental risks of the Najafabad University Laboratory through the FMEA method. To achieve the goal, the risk factors at the University of Najafabad University were evaluated and analyzed using the FMEA methodology. Estimation of risk factors was carried out by collecting information from a working group of ten experts and experts from Islamic Azad University of Najafabad, which included professors and laboratory officials. According to the results, iodoform and benzyol acetone synthesis were identified as the most hazardous activities in terms of harmful effects on health and health. Qualitative analysis of some anions in the second place and elemental analysis were in the third place. Qualitative analysis of some of the anions was identified as the most important safety hazard. Then, the synthesis of diphenazole acetone in the second place and pregangrometry as the third most dangerous risk in this category were known. Then, adipic acid synthesis in the second place and decomposition of cations of group V in third place were considered as the most important risks in terms of environmental hazards after methyl salicylate synthesis. Methyl salicylate synthesis was recognized as the most important risk in all three dimensions of safety, health and environmental hazards.

Keyword:

"Health", "Safety", "Environment", "Laboratory", "FMEA Method"

۱. مقدمه

در جامعه امروزی که اکثراً از سیستم‌های پیچیده استفاده می‌شود، از کارافتادگی یک سیستم یا بروز حوادث می‌تواند موجب بروز اختلال در سطوح مختلف شود و حتی به‌عنوان تهدیدی برای جامعه و محیط‌زیست تلقی گردد. به این دلیل است که همگان در پی سیستمی ایمن و با احتمال خطر پایین هستند. در این جا است که واژه ریسک به معنی عدم قطعیت و نشانگر احتمال وقوع و شدت آن ظهور می‌یابد. نتیجه ریسک تعیین می‌کند که با وقوع هر خطر چه خسارتی بر سیستم تحمیل می‌شود و چه پیامدهای زیست‌محیطی را در بر خواهد داشت. بر اساس تعریف، ریسک را به‌عنوان میزانی از احتمال و شدت وقوع خطر و پیامد آن تعریف می‌گردد. سازمان استاندارد جهانی ریسک را شامل احتمالی از حادثه و آثار و پیامدهای آن می‌داند [۱]. آزمایشگاه[1]مکانی برای انجام آزمایش علمی و به‌ویژه آزمودن مواد شیمیایی می‌باشد. در آزمایشگاه وسایل و مواد آزمایشگاهی ویژه‌ای قرار داده می‌شود که با آن‌ها می‌توان اندازه‌گیری‌های گوناگون، آزمایش‌های تجربی، تجزیه‌وتحلیل، تعیین مقدار و کنترل کیفیت و غیره را انجام داد. معمولاً چهار شاخه از علوم تجربی شامل شیمی، فیزیک، زیست‌شناسی و زمین‌شناسی در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. از محیط‌های کاری که درصدی از حوادث را به خود اختصاص می‌دهند، آزمایشگاه‌ها می‌باشند. آزمایشگاه‌های دانشگاهی مکان‌هایی برای انجام فرآیندهای متنوع آزمایشگاهی محسوب می‌شوند. عوامل زیان‌آور فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و مکانیکی در محیط آزمایشگاه وجود دارد[۲]. امروزه توجه به فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در عرصه خدمات بهداشت و درمان به خصوص در آزمایشگاه‌ها شناسایی و ارزیابی ریسک‌های موجود و مدیریت آن‌ها در این مراکز بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در جامعه امروزی که اکثراً از سیستم‌های پیچیده استفاده می‌شود، از کارافتادگی یک سیستم یا بروز حوادث می‌تواند موجب بروز اختلال در سطوح مختلف شود و حتی به‌عنوان تهدیدی برای جامعه و محیط‌زیست تلقی گردد. به این دلیل است که همگان در پی سیستمی ایمن و با احتمال خطر پایین هستند. در این جا است که واژه ریسک به معنی عدم قطعیت و نشانگر احتمال وقوع با شدتی مشخص ظهور می‌یابد[۳]. نتیجه ارزیابی ریسک تعیین می‌کند که با وقوع هر خطر چه خسارتی بر سیستم تحمیل می‌شود و چه پیامدهای زیست‌محیطی را در بر خواهد داشت. سازمان استاندارد جهانی ریسک را شامل احتمالی از حادثه و پیامدهای آن می‌داند. چنگ و همکاران [۴] ریسک را ترکیب احتمال وقوع هر خطر و پیامدهای آن تعریف می‌کند. بیما در سال ۲۰۱۵ ریسک را معادل با خسارت یا صدمه وارد شده تعریف نموده است [۵]. ایمنی[2]یک ارزش کلی و جهانی است که هر فرهنگی در جهت حفظ و اجرای آن باید نهایت تلاش خود را به خدمت گیرند. ریسک و ایمنی و استراتژی‌های آن لازم است تا مدیریت ریسک و ایمنی به طور گسترده و همه‌جانبه بین سایر کشورها و سازمان‌ها به اجرا درآیند [۶]. مسائل ایمنی در محیط آزمایشگاه به لحاظ اقتصادی، انسانی و اخلاقی از اهمیت زیادی برخوردار است. مدیریت ریسک در آزمایشگاه برنامه‌ای برای کاهش وقوع و شیوع حوادث قابل‌پیشگیری است [۷]. یکی از ارکان اساسی در ایمنی کارکنان آزمایشگاه، به‌کارگیری برنامه‌های مدیریت ریسک است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در مدیریت ریسک تأثیر قضاوت‌های ارزیاب‌ها در تعیین سطح ریسک است که در مطالعات مختلفی به آن‌هم چنین در بحث ارزیابی اشاره شده است. ریسک در پژوهش‌های که توسط امیدواری و همکاران[۷] ارائه شد به بحث کاربرد تصمیم‌گیری در ارزیابی ریسک پرداخته و مسئله سطوح مختلف شدت و احتمال و احتمال کشف را در روش تجزیه‌وتحلیل خطا و اثرات ناشی از آن[3]به چالش کشیده و چنین عنوان نموده‌اند که در سطوح مختلف پارامترهای ریسک که دارای اهمیت متفاوت می‌باشند میزان ریسک یکسانی را می‌دهد که لازم است با توجه به اهمیت هر پارامتر ریسک الگویی در این خصوص ارائه گردد. برای حل این مسائل استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری می‌تواند مفید باشد. روش عدد اولویت ریسک از قوی‌ترین روش‌هایی است که می‌تواند در حل این چالش کمک نماید [۱]. در این پژوهش ارزیابی ریسک جهت کلیه فعالیت‌ها و فرآیندها در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد انجام می‌پذیرد. پس از شناسایی فعالیت‌ها و فرآیندهای مختلف، خطرات و عوامل بالقوه آسیب‌رسان شناسایی و سپس با توجه به شدت اثر، احتمال وقوع و پیامدهای احتمالی مواجه بر انسان، محیط‌زیست و تجهیزات، کار ارزیابی و طبقه‌بندی ریسک‌ها صورت گیرد. در فرآیند ارزیابی از روش FMEA استفاده خواهد شد. هدف از این پژوهش ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد جامع نجف‌آباد به روش FMEA می‌باشد.

۲. روش تحقیق

پژوهش حاضر نتیجه ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه دانشگاه شیمی نجف‌آباد به روش FMEA است. لذا موضوعات: ریسک بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه و روش تجزیه و تحلیل حالت ها و اثرات شکست را در بر می گیرد. جامعه آماری پژوهش نظری حاضر را جامعه آماری در این پژوهش را آن دسته از گروه کاری متشکل از افراد متخصص و مجرب در دانشگاه نجف‌آباد صورت پذیرفت. در این پژوهش به علت حجم کم جامعه آماری، نمونه‌گیری انجام نمی‌شود و از روش همه شماری استفاده‌شده و حجم نمونه برابر با کل جامعه پژوهش و برابر با ۱۰ نفر می‌باشد. اطلاعات جمع آوری شده از آزمایشگله شیمی دانشگاه نجف آباد در سال ۱۳۹۷ صورت گرفته است. مراحل پژوهش به صورت ذیل می باشد :

- گام اول : تعیین خبرگان علمی- صنعتی
- گام دوم : تنظیم پرسشنامه محقق ساخته
- گام سوم : تکمیل پرسشنامه توسط خبرگان

[1]. Laboratory
[2].Safety
[3]. Failure Modes and effective Analysis (FMEA)

- گام چهارم : استفاده از تکنیک FMEA در جهت پردازش ریسک بهداشت، ایمنی و محیطزیست در آزمایشگاه.
- گام پنجم: تجزیه و تحلیل نتایج حاصله و نتیجه‌گیری

در این پژوهش جهت جمع آوری اطلاعات از روش‌های پرسشنامه و مصاحبه با خبرگان استفاده شده است. مبنای پرسشنامه مورد استفاده در این پژوهش، پرسشنامه محقق ساخته می باشد. روایی صوری و محتوایی پرسشنامه با استفاده از نظرات خبرگان علمی تایید گردید. همچنین برای مشخص شدن پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ که یکی از روش های همسانی درونی است، استفاده گردیده که مقدار آن ۰,۷۵۵ و قابل قبول بود.

۳. تکنیک FMEA

FMEA تکنیکی تحلیلی و متکی بر قانون در پیشگیری قبل از وقوع است که برای شناسایی عوامل بالقوه خرابی به کار می رود. توجه به این تکنیک بر بالا بردن ضریب امنیت از طریق پیشگیری از وقوع خرابی است [۸] .فعالیت‌های شناسایی شده در آزمایشگاه دانشگاه شیمی نجف‌آباد با استفاده از تحقیقات پیشین و نظر اساتید دانشگاهی به شرح جدول (۱) می باشد. اساس تحلیل در تکنیک FMEA محاسبه «عدد اولویت ریسک» یا RPN است. برای تعیین وزن ریسک‌های مدنظر با رویکرد FMEA به ارزیابی اثر شدت(S) ، نرخ وقوع (O) و قابلیت کشف خطا (D) پرداخته شده است. در پرسشنامه مذکور از خبرگان خواسته شده است که برای هریک از ریسک‌های زنجیره تامین، شدت اثر، نرخ وقوع و درجه تشخیص ، مقداری از خیلی کم تا زیاد را با یک طیف ۵ درجه تخصیص دهند [۹]. محاسبه مقدار «عدد اولویت ریسک» یا RPN برای هر شاخص با فرمول شماره (۱) محاسبه می‌شود:

$$RPN = S \times O \times D \qquad (۱)$$

اثر شدت=S

نرخ وقوع= O

قابلیت کشف خطا=D

جدول (۱) : فعالیت‌های شناسایی شده و محاسبه عدد اولویت ریسک

ردیف	فعالیت	اثر بر سلامت و بهداشت				اثر بر ایمنی				اثر بر محیطزیست			
		شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک	شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک	شدت	میزان وقوع	قابلیت کشف	اولویت ریسک
۱	تهیه کلرید سرب از نیترات سرب و کریستالیزاسیون	۱,۸۳	۲,۷۸	۳,۲۲	۱۵,۳۱	۲,۰۰	۲,۴۶	۳,۳۶	۱۶,۵۴	۱,۳۸	۲,۲۹	۲,۳۲	۷,۳۱
۲	تیتراسیون اسید وباز	۱,۳۲	۲,۵۹	۱,۹۷	۳,۴۲	۱,۶۴	۲,۹۰	۳,۱۰	۱۴,۷۴	۱,۲۵	۱,۸۷	۲,۰۲	۴,۶۹
۳	تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی- قلیایی سنجی	۱,۳۲	۲,۰۰	۲,۴۶	۷,۹۲	۱,۵۵	۲,۳۵	۳,۱۰	۱۱,۳۰	۱,۱۵	۱,۵۲	۲,۳۲	۴,۰۴
۴	تجزیه کیفی برخی از آنیون ها	۲,۵۲	۲,۴۹	۳,۴۸	۱۸,۸۴	۲,۳۰	۳,۲۵	۳,۶۰	۲۶,۸۶	۱,۶۲	۲,۵۹	۳,۲۸	۱۳,۸۲
۵	پرمنگانومتری	۲,۴۹	۳,۰۳	۳,۷۷	۳۰,۲۱	۲,۳۰	۲,۶۴	۳,۹۲	۲۳,۷۹	۱,۶۲	۲,۴۹	۲,۸۶	۱۱,۵۶
۶	استخراج لیمونن	۱,۷۱	۲,۳۵	۲,۹۱	۱۶,۱۱	۱,۵۵	۲,۶۴	۳,۱۹	۱۳,۰۵	۱,۵۳	۲,۰۲	۳,۱۰	۹,۶۱
۷	آنالیز عنصری	۱,۹۷	۲,۹۳	۳,۳۱	۲۳,۰۵	۲,۰۵	۲,۴۶	۲,۴۲	۱۲,۱۸	۱,۵۳	۲,۸۱	۳,۱۰	۱۳,۳۶
۸	تقطیر	۱,۴۱	۲,۰۰	۲,۷۶	۱۱,۳۱	۱,۳۲	۲,۰۰	۳,۳۶	۸,۸۶	۱,۱۵	۱,۶۴	۲,۰۲	۳,۸۱
۹	تبلور	۱,۴۱	۱,۸۹	۲,۸۶	۸,۰۱	۱,۳۲	۱,۸۳	۱,۸۳	۴,۴۴	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶

[1] Risk Priority Numbe (RPN)

جدول (۱) : فعالیت‌های شناسایی شده و محاسبه عدد اولویت ریسک

ردیف	فعالیت	اثر بر سلامت و بهداشت				اثر بر ایمنی				اثر بر محیطزیست			
		شدت	میزان وقوع	قابلیت کشفت	اولویت ریسک	شدت	میزان وقوع	قابلیت کشفت	اولویت ریسک	شدت	میزان وقوع	قابلیت کشفت	اولویت ریسک
۱۰	تهیه صابون	۱,۲۳	۱,۸۹	۲,۷۵	۶,۹۷	۱,۰۰	۱,۸۳	۱,۸۳	۳,۳۷	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۱۱	تجهیز کاتیون های گروه I	۱,۶۴	۲,۴۱	۲,۷۶	۱۱,۸۸	۱,۵۲	۲,۱۶	۱,۵۵	۵,۰۸	۱,۷۳	۲,۲۹	۲,۰۲	۷,۹۹
۱۲	تجهیز کاتیون های گروه III	۲,۳۰	۳,۱۰	۲,۹۳	۲۱,۳۹	۲,۰۰	۲,۱۶	۲,۱۶	۹,۳۱	۱,۷۳	۲,۲۹	۲,۰۲	۷,۹۹
۱۳	تجهیز کاتیون های گروه V	۲,۶۴	۲,۸۶	۳,۸۵	۳۷,۷۶	۱,۹۳	۲,۴۲	۳,۳۷	۱۵,۷۵	۲,۱۳	۲,۲۹	۲,۰۲	۹,۸۴
۱۴	سنتز آدیپک اسید	۲,۶۴	۳,۱۰	۳,۳۵	۴۰,۹۵	۲,۵۵	۲,۸۳	۳,۱۴	۲۲,۶۶	۱,۷۴	۲,۳۰	۲,۰۲	۸,۰۸
۱۵	سنتز متیل سالیسیالت	۲,۸۳	۳,۱۰	۳,۱۹	۴۳,۸۹	۲,۵۵	۲,۴۵	۳,۷۳	۲۳,۳۲	۱,۷۴	۲,۳۰	۲,۸۶	۱۱,۴۲
۱۶	سنتز دی بنزال استون	۲,۷۸	۳,۱۰	۳,۰۳	۲۵,۸۹	۲,۷۰	۲,۸۳	۳,۱۴	۲۴,۰۰	۲,۱۳	۲,۳۰	۲,۸۶	۱۳,۹۹
۱۷	تست یدوفرم	۲,۵۹	۳,۱۰	۲,۵۲	۱۶,۱۱	۲,۳۰	۲,۸۳	۲,۲۶	۱۴,۶۸	۲,۱۳	۲,۳۰	۲,۸۶	۱۳,۹۹
۱۸	اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک	۱,۹۱	۲,۲۲	۱,۹۷	۸,۴۹	۱,۷۸	۱,۷۳	۲,۳۰	۷,۰۹	۱,۰۰	۲,۳۰	۲,۸۶	۶,۵۶
۱۹	اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری	۱,۶۴	۲,۲۲	۲,۱۷	۷,۳۰	۱,۳۲	۱,۷۳	۲,۹۳	۶,۷۰	۱,۰۰	۲,۳۰	۲,۰۲	۴,۶۴
۲۰	اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد	۱,۷۸	۲,۰۵	۲,۷۳	۷,۳۰	۱,۵۵	۱,۴۱	۲,۹۳	۶,۴۳	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۱	تعیین کشش سطحی مایع	۱,۰۷	۱,۴۳	۲,۲۷	۳,۰۷	۱,۱۵	۱,۱۵	۳,۹۸	۵,۲۵	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۲	تعیین گرانروی مایع	۱,۱۵	۱,۴۳	۲,۶۷	۴,۹۳	۱,۰۷	۱,۰۷	۲,۶۳	۳,۰۲	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۳	رفرکتومتری	۱,۱۵	۱,۴۳	۲,۶۷	۴,۹۳	۱,۱۲	۱,۲۰	۲,۶۳	۳,۵۱	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۴	کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی	۱,۳۲	۱,۷۸	۲,۲۲	۹,۴۱	۱,۵۲	۱,۴۱	۱,۹۳	۴,۱۴	۱,۰۰	۱,۳۲	۲,۰۲	۲,۶۶
۲۵	سینتیک واکنش ید با استون	۲,۰۸	۲,۰۵	۲,۴۳	۲۱,۳۲	۲,۳۰	۲,۴۵	۲,۴۶	۱۳,۸۶	۱,۷۴	۱,۳۲	۲,۰۲	۴,۶۴
۲۶	تهیه اسید بوریک از بوراکس	۱,۴۳	۱,۷۸	۲,۲۷	۱۲,۷۵	۲,۲۲	۲,۴۵	۲,۴۶	۱۳,۳۹	۱,۲۳	۱,۳۲	۲,۰۲	۳,۲۸
۲۷	تهیه متاپریدات پتاسیم	۲,۱۷	۲,۲۲	۲,۰۵	۲۸,۹۰	۲,۳۰	۱,۷۳	۲,۴۶	۹,۷۷	۱,۷۴	۱,۳۲	۲,۰۲	۴,۶۴

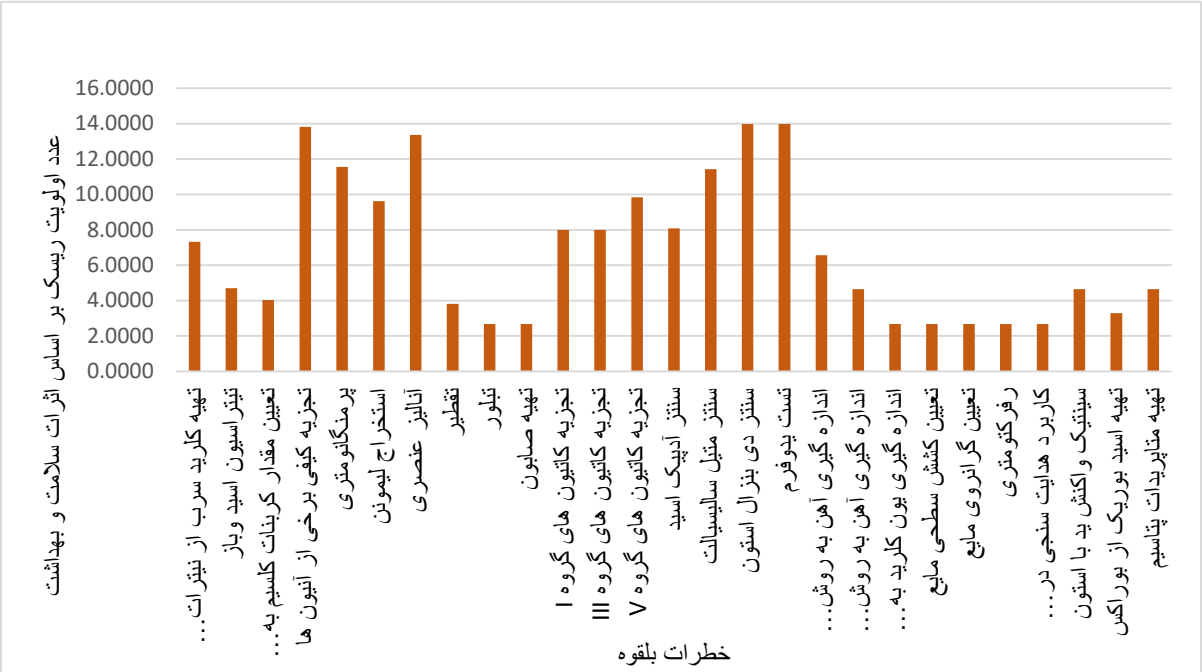
٤. نتایج

جهت ارزیابی داده‌های خام به‌دست‌آمده در مرحله اول و اولویت‌بندی آن‌ها از فرم FMEA که افراد خبره آن را تکمیل کرده اند و در پایان فرم تکمیل‌شده FMEA مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. با توجه به اطلاعاتی که از فرآیند موجود است، خطر بر اساس سه عامل مذکور درجه‌بندی می‌گردد. این طبقه‌بندی از ۱ تا ۱۰ (پایین به بالا) می‌باشد. اگر درجات این سه عامل در یکدیگر ضرب شود؛ نمره اولویت خطرپذیری برای هر الگوی شکست بالقوه و آثار آن به دست می‌آید. آن دسته از الگوهای شکست که دارای نمره RPN بالاتری هستند، می‌بایستی علت آن به‌سرعت بررسی شود. هر چه عدد RPN بالاتر باشد اولویت آن برای آنالیز جامع‌تر و تخصیص منابع، بیشتر است. فعالیت‌های شناسایی شده و عدد اولویت ریسک مربوط به آن‌ها در جدول شماره (۱) آورده شده است.

۵. یافته‌ها

۵-۱. بررسی مخاطرات از لحاظ اثرات سلامت و بهداشت

با استفاده از نظر خبرگان عدد اولویت ریسک بر اساس اثرات بر سلامت و بهداشت به صورت شکل (۱) می‌باشد:



نمودار (۱): عدد اولویت ریسک بر اساس سلامت و بهداشت

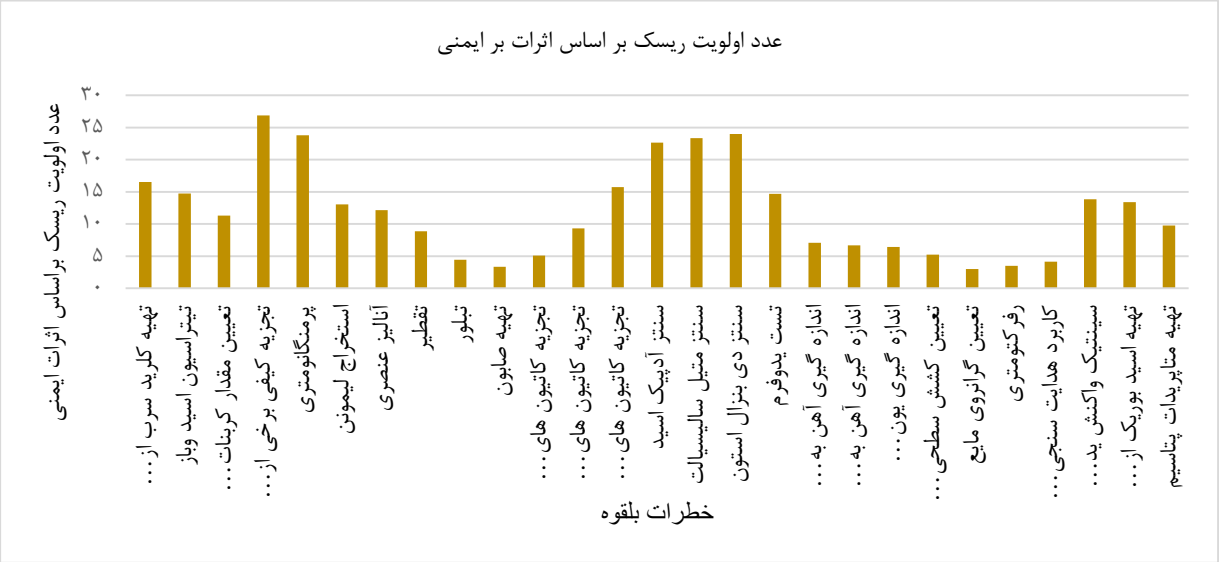
با توجه به نمودار (۱) تست یدوفرم و سنتز دی بنزال استون به عنوان پرخطرترین ریسک از لحاظ تاثیرات مخرب بر سلامت و بهداشت شناسایی شدند. سپس تجزیه کیفی برخی از آنیون ها در جایگاه دوم و آنالیز عنصری در جایگاه سوم قرار گرفتند. سپس: پرمنگانومتری، سنتز متیل سالیسیالت، تجزیه کاتیون های گروه V، استخراج لیمونن، تجزیه کاتیون های گروه I، تجزیه کاتیون های گروه III، سنتز آدیپیک اسید، تهیه کلرید سرب از نیترات سرب وکریستالیزاسیون، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، تیتراسیون اسید وباز، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه متاپریدات پتاسیم، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی- قلیایی سنجی، تقطیر، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تبلور، تهیه صابون، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تعیین کشش سطحی مایع، تعیین گرانروی مایع، رفرکتومتری، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی به ترتیب در رتبه‌های چهارم تا بیست و ششم قرار گرفتند.

۵-۲. بررسی مخاطرات از لحاظ اثرات بر ایمنی

با استفاده از نظر خبرگان عدد اولویت ریسک بر اساس اثرات بر ایمنی به صورت شکل (۲) می‌باشد.

بر اساس نمودار (۲) تجزیه کیفی برخی از آنیون ها به عنوان مهم ترین ریسک از لحاظ مخاطرات ایمنی شناخته شد. سپس سنتز دی بنزال استون در جایگاه دوم و پرمنگانومتری بعنوان سومین ریسک پرخطر در این دسته شناخته شدند. سپس خطرات بلقوه: سنتز متیل سالیسیالت، سنتز آدیپک اسید، تهیه کلرید سرب از نیترات سرب وکریستالیزاسیون، تجزیه کاتیون های گروه V، تیتراسیون اسید وباز، تست یدوفرم، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، استخراج لیمونن، آنالیز عنصری، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی- قلیایی سنجی، تهیه متاپریدات پتاسیم، تجزیه کاتیون های گروه III، تقطیر، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تعیین کشش سطحی مایع، تجزیه

کاتیون های گروه I، تبلور، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، رفرکتومتری، تهیه صابون و تعیین گرانروی مایع در رتبه‌های چهارم الی بیست و هفتم ریسک‌های پر خطر از نظر مخاطرات ایمنی شناخته شدند.



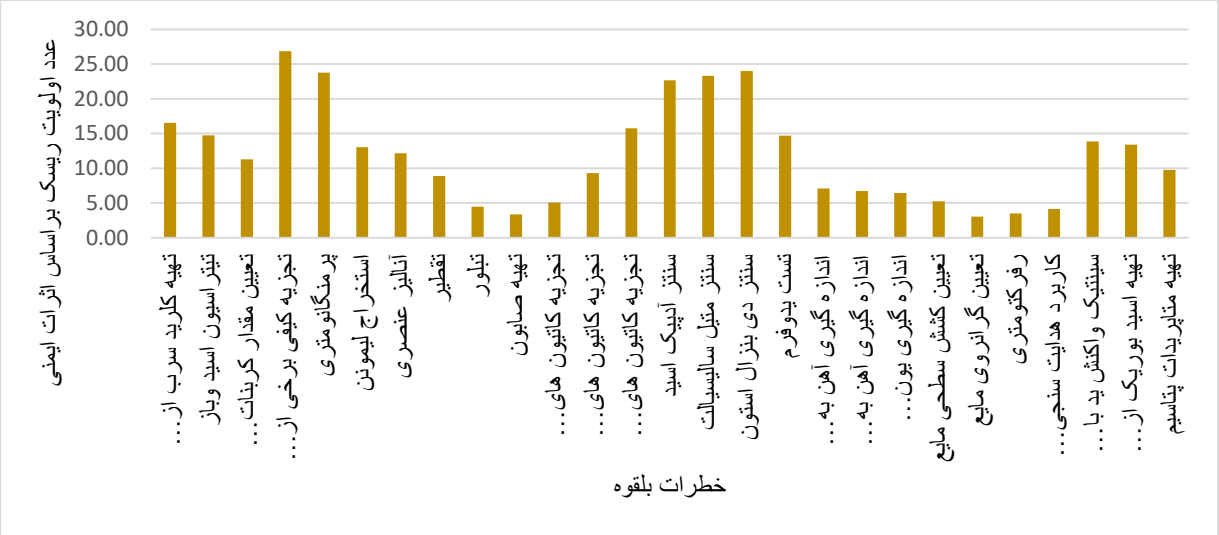
نمودار (۲): عدد اولویت ریسک بر اساس ایمنی

۳-۵. بررسی مخاطرات از لحاظ اثرات زیست‌محیطی

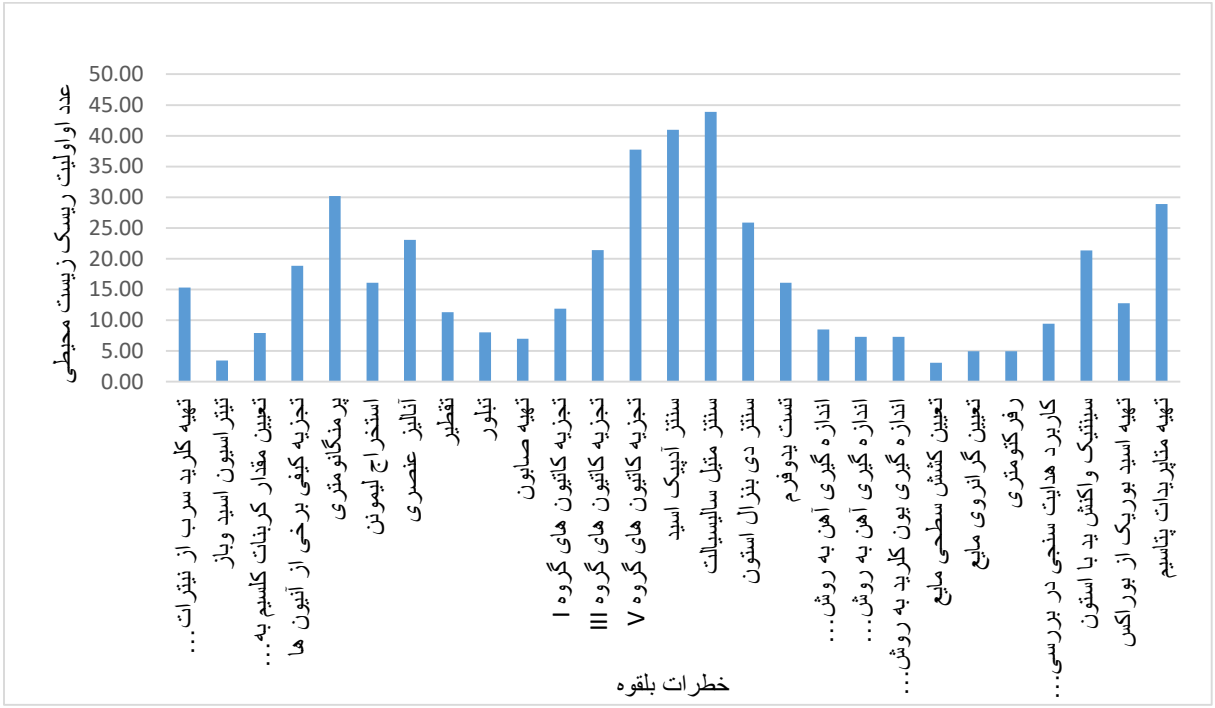
با استفاده از نظر خبرگان عدد اولویت ریسک بر اساس اثرات زیست محیطی به صورت شکل (۳) می‌باشد. با توجه به نمودار (۳) سنتز متیل سالیسیالت بعنوان مهم ترین ریسک از لحاظ مخاطرات زیست‌محیطی شناخته شد. سپس سنتز آدیپیک اسید در جایگاه دوم و تجزیه کاتیون های گروه V در جایگاه سوم بعنوان مهم‌ترین ریسک‌ها از لحاظ مخاطرات زیست‌محیطی پس از سنتز متیل سالیسیالت شناخته شدند. سپس خطرات بلقوه: پرمنگانومتری، تهیه متاپریدات پتاسیم، سنتز دی بنزال استون، آنالیز عنصری، تجزیه کاتیون های گروه III، سینتیک واکنش ید با استون، تجزیه کیفی برخی از آنیون ها، استخراج لیمونن، تست یدوفرم، تهیه کلرید سرب از نیترات سرب وکریستالیزاسیون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تجزیه کاتیون های گروه I، تقطیر، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، تبلور، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی- قلیایی سنجی، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تهیه صابون، تعیین گرانروی مایع، رفرکتومتری، تیتراسیون اسید وباز و تعیین کشش سطحی مایع در رتبه‌های چهارم الی بیست و هفتم ریسک‌های پر خطر از نظر مخاطرات زیست محیطی شناخته شدند.

۴-۵. اولویت‌بندی ریسک‌های بلقوه بر اساس مخاطرات ایمنی، بهداشت و سلامت و محیط زیست

با استفاده از نظر خبرگان عدد اولویت ریسک بر اساس مخاطرات ایمنی، بهداشت و سلامت و محیط زیست به صورت شکل (۴) می‌باشد. با توجه به نمودار (۴) سنتز متیل سالیسیالت بعنوان مهم‌ترین ریسک در هر سه بعد مخاطرات ایمنی، بهداشت و سلامت و محیط زیست شناخته شد. پس از آن سنتز دی بنزال استون و پرمنگانومتریی در اولویت‌های دوم تا سوم قرار گرفتند. پس از آن سایر خطرات: سنتز آدیپیک اسید، تجزیه کیفی برخی از آنیون ها، تجزیه کاتیون های گروه V، آنالیز عنصری، تست یدوفرم، استخراج لیمونن، تهیه کلرید سرب از نیترات سرب وکریستالیزاسیون، تجزیه کاتیون های گروه III، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه متاپریدات پتاسیم، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تجزیه کاتیون های گروه I، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، تقطیر، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی- قلیایی سنجی، تیتراسیون اسید وباز، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، تبلور، تهیه صابون، رفرکتومتری، تعیین گرانروی مایع و تعیین کشش سطحی مایع به ترتیب در رتبه‌های چهارم تا بیست و هفتم قرار گرفتند.



نمودار (۳): عدد اولویت ریسک بر اساس ایمنی



نمودار (٤): عدد اولویت ریسک بر اساس مخاطرات زیست محیطی

۵-۵. ارزیابی ریسک

عدد اولویت ریسک یک اندازه‌گیری از حالات شکست ریسک است و می‌توان آن را برای رتبه‌بندی شکست و اولویت‌بندی اقدامات استفاده کرد. در نهایت خطرات بلقوه در سه دسته کم، متوسط و زیاد رتبه‌بندی شدند. نتایج در جدول شماره (۲) قابل مشاهده است:

رتبه ریسک	درجه ریسک
کم	۱-۱۲
متوسط	۱۳-۱۸
زیاد	۱۹-۲۷

جدول (۲): رتبه‌بندی ریسک[۱۰]

جدول ۳: ارزشیابی عوامل ریسک در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد

خطرات بالقوه	سطح ریسک
تهیه کلرید سرب از نیترات سرب وکریستالیزاسیون، تیتراسیون اسید وباز، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی- قلیایی سنجی، استخراج لیمونن، تقطیر، تبلور، تهیه صابون، تجزیه کاتیون های گروه I، تجزیه کاتیون های گروه III، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تعیین کشش سطحی مایع، تعیین گرانروی مایع، رفرکتومتری، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تهیه متاپریدات پتاسیم	۱-۱۲
آنالیز عنصری، تجزیه کاتیون های گروه V، تست یدوفرم	۱۳-۱۸
تجزیه کیفی برخی از آنیون ها، پرمنگانومتری، سنتز آدیپک اسید، سنتز متیل سالیسیالت، سنتز دی بنزال استون	۱۹-۲۷

همان‌طور که در جدول (۳) مشـــاهده می‌شـــود که خطرات: تجزیه کیفی برخی از آنیون ها، پرمنگانومتری، سـنتز آدیپک اسـید، سـنتز متیل سالیسیالت، سنتز دی بنزال استون دارای ریسک بالا می‌باشند. بنابراین لازم اســـت اقدامات کنترلی به منظور حذف خطرات یا کاهش هر یک از عوامل مؤثر بر RPN طراحی شـــود. همچنین خطراتی که در سطح ریسک متوسط طبقه‌بندی شده‌اند شامل: آنالیز عنصـری، تجزیه کاتیون های گروه V، تسـت یدوفرم؛ تحت کنترل بوده ولی نیازمند تجدیدنظر هستند و می‌توان در آینده آن‌ها را بهبود داد و به سطح قابل‌تحمل ر ساند ولی در حال حا ضر اولویت ندارند. خطراتی که در ســـطح قابل‌تحمل طبقه‌بندی شـــده‌اند بیانگر این می‌باشـند که وجود کنترل‌های جاری، اطمینان لازم را جهت کنترل این خطرات و جلوگیری از بروز خســـارات آن ها را می‌دهد. نتایج ارز شیابی عوامل ریسک در آزمایشگاه دانشگاه نجف‌آباد در جدول شماره (۳) قابل مشاهده است.

٦. جمع‌بندی

تهیه کلرید سرب از نیترات سرب وکریستالیزاسیون، تیتراسیون اسید وباز، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی- قلیایی سنجی، استخراج لیمونن، تقطیر، تبلور، تهیه صابون، تجزیه کاتیون های گروه I، تجزیه کاتیون های گروه III، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تعیین کشش سطحی مایع، تعیین گرانروی مایع، رفرکتومتری، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تهیه متاپریدات پتاسیم کم خطر، آنالیز عنصری، تجزیه کاتیون های گروه V، تست یدوفرم جزو ریسک های متوسط و تجزیه کیفی برخی از آنیون ها، پرمنگانومتری، سنتز آدیپک اسید، سنتز متیل سالیسیالت، سنتز دی بنزال استون بعنوان ریسک های پر خطر شناسایی شدند، بنابراین لازم است اقدامات کنترلی به منظور حذف خطرات یا کاهش هر یک از عوامل مؤثر بر RPN طراحی شود.

۷. نتیجه گیری

تهیه کلرید سرب از نیترات سرب وکریستالیزاسیون، تیتراسیون اسید وباز، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش اسید سنجی- قلیایی سنجی، استخراج لیمونن، تقطیر، تبلور، تهیه صابون، تجزیه کاتیون های گروه I، تجزیه کاتیون های گروه III، اندازه گیری آهن به روش اسیدفوریک، اندازه گیری آهن به روش اسپکتوفتومتری، اندازه گیری یون کلرید به روش ولهارد، تعیین کشش سطحی مایع، تعیین گرانروی مایع، رفرکتومتری، کاربرد هدایت سنجی در بررسی سینتیک واکنش شیمیایی، سینتیک واکنش ید با استون، تهیه اسید بوریک از بوراکس، تهیه متاپریدات پتاسیم کم خطر، آنالیز عنصری، تجزیه کاتیون های گروه V، تست یدوفرم جزو ریسک های متوسط و تجزیه کیفی برخی از آنیون ها، پرمنگانومتری، سنتز آدیپک اسید، سنتز متیل سالیسیالت، سنتز دی بنزال استون بعنوان ریسک های پر خطر شناسایی شدند، بنابراین لازم است اقدامات کنترلی به منظور حذف خطرات یا کاهش هر یک از عوامل مؤثر بر RPN طراحی شود. یاراحمدی و همکاران [۲] به ارزیابی و مدیریت ریسک بهداشت، ایمنی و محیط زیست در سایت های آزمایشگاهی- تحقیقاتی پرداختند. نتایج آنالیز داده های تحقیق نشان می دهد که از کل ریسک های اصلی و ذاتی در سایتهای آزمایشگاهی در محدوده ۸۶-۳۸ درصد ریسک ها کاهش یافته است.همچنین مقایسه متوسط سطوح ریسک قبل و بعد از اقدامات کنترلی و حفاظتی به تفکیک جنبه های بهداشت، ایمنی و محیط زیست به طور معنی داری با رویکرد مدیریت ریسک در کاهش و تخفیف ریسک های ذاتی موثر بوده است. امیدواری و همکاران[۷] به ارائه الگوی ارزیابی ریسک آتش سوزی و مدیریت اورژانس در آزمایشگاه های مراکز آموزشی پرداخت. نتایج تحقیق این محققان حاکی از آن است که آزمایشگاه ها و انبارهای شیمیایی می تواند سطح خطر آتش سوزی در یک ساختمان آموزشی را افزایش دهد. زحمتکش و همکاران[۱۱] به ارزیابی ریسک ایمنی، سلامت و زیست محیطی در مجتمع تولید فولاد در ایران به روش TOPSIS و ANP پرداختند. بر اساس نتایج حاصل از محاسبه های ریسک‌ها در رده‌های مختلف می‌توان بیان کرد که از میان ریسک‌های زیست‌محیطی کارخانه فولاد ویان، ۱۴ ریسک در رده جزئی تا متوسط و ۳ ریسک در رده غیرقابل تحمل قرار دارند. بر اساس مقایسات زوجی انجام‌شده در محیط نرم-افزار Super Decisions بهترین راهکار در بین همه راهکارها،

نصب دستگاه‌های کنترل ذرات و گاز مانند سیکلونها و غبارگیرهای کیسه‌ای و کم‌ترین راهکار وقوع ریسک، تعمیر به‌موقع دستگاه‌ها به‌منظور کاهش انتشار گازهای آلاینده شناسایی گردید. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش یاراحمدی و مریدی [۲]، دهدشتی و حافظی [۱۰]، حسامی آرانی و همکاران [۱۲] همسو می‌باشد. در ارزیابی ریسک آزمایشگاهی باید عوامل مخاطره‌آمیز از نظر بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیست بررسی شوند. در هر برنامه پیشگیری برای اجرای اقدامات اصلاحی ضروری است درجه احتمال خطر عوامل، مورد نظر قرار گیرد. همچنین اطلاع شخص از استانداردهای تجهیزات مورد استفاده و بررسی مجدد آن‌ها قبل از استفاده، تأثیر بسیاری در کاهش سطح ریسک دارد. این‌چنین تحقیقاتی و استفاده از تجربیات نفرات متخصص آزمایشگاهی می‌تواند باعث تغییر و بهبود در آینده شود. نتیجه ارزیابی ریسک تعیین می‌کند که با وقوع هر خطر چه خسارتی بر سیستم تحمیل می‌شود و چه پیامدهای زیست‌محیطی را در بر خواهد داشت.

منابع

1. Raftery, J., Risk analysis in project management. 2003: Routledge.

2. Yarahmadi, R., P. Moridi, and Y. Roumiani, Health, safety and environmental risk management in laboratory fields. Medical journal of the Islamic Republic of Iran, 2016. **30**: p. 343.

3. Zaboli, R., et al., Risk management assessment in selected wards of hospitals of Tehran. Iranian Journal of Military Medicine, 2011. **12**(4): p. 197-202.

4. Cheng P, G.A., Robinson KM, Paul L. The risk and consequences of clinical miscoding due to inadequate medical documentation a case study of the impact on health services funding. HIM J2017;38:35-46.

5. Neonatal, B.J.C.r.m.i.n.S.F. and B.J.C.r.m.i.n.S.F.N. Med2015;10:197-202.

6. Byers, J.F. and S.V. White, Patient safety: principles and practice. 2004 :springer publishing company.

7. Omidvari, M., N. Mansouri, and J. Nouri, A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. Safety science, 2015. **73**: p. 34-42.

8. McDermott, R., R.J. Mikulak, and M. Beauregard ,The basics of FMEA. 1996: SteinerBooks.

9. Liu, H.-T. and Y.-l. Tsai, A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. Safety science, 2012. **50**(4): p. 1067-1078.

۱۰. دهدشتی، ع.؛ و حافظی، ر. (۱۳۹۴).ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه دانشگاهی: یک مطالعه موردی. مجله علمی و پژوهشی سلامت کار ایران ۱(۲)، ۸۶-۶۶.

۱۱. زحمتکش، ف، کیانی صدر، م، چراغی، م، (۱۳۹۷)، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی کارخانه فولاد با استفاده از روش های ANP و TOPSIS (مطالعه موردی: کارخانه فولاد ویان همدان)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست.

۱۲. حسامی آرانی، م.؛ جعفرزاده حقیقی فرد، ن.؛ اعتصام، ع.؛ و کریمی مرقی، ز.(۱۳۹۶). شناسایی و ارزیابی ریسک خطرات ایمنی و بهداشت و محیط‌زیست (HSE)در استخرهای شنا، چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط‌زیست، تهران، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران